

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-171005

(43)Date of publication of application : 30.06.1997

(51)Int.Cl.

G01N 29/10

G01N 29/22

(21)Application number : 07-332101

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 20.12.1995

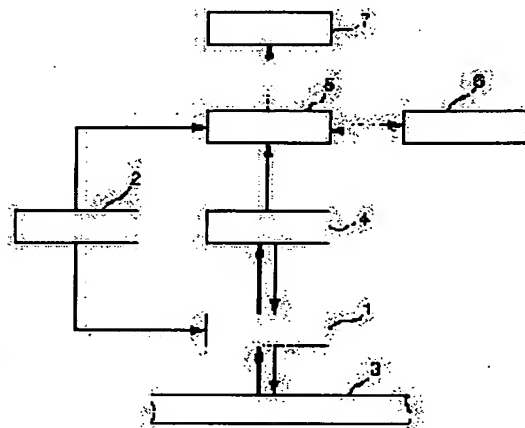
(72)Inventor : OKUBO HIROYUKI  
KASAI NOBUFUMI

## (54) METHOD FOR DISCRIMINATING KIND OF DEFECT BY ULTRASONIC FLAW DETECTION

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To discriminate an inclusion from a bubble with accuracy by eliminating the influence of the fluctuation of the shape, location, and size of a defect.

**SOLUTION:** In a method in which a defect existing in a material 3 to be inspected is detected and the kind of the defect is discriminated by ultrasonic flaw detection, whether the defect is an inclusion or bubble is discriminated based on parameters (the phase, frequency, and intensity of a defective echo) obtained from a defective echo waveform and parameters (the bottom-face echo intensity and the area of the defect) obtained from the waveform of n echo reflected from the bottom face of the material 3 near the defect detected by means of a probe 1.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-171005

(43)公開日 平成9年(1997)6月30日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 29/10	5 0 1		G 0 1 N 29/10	5 0 1
29/22	5 0 1		29/22	5 0 1

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平7-332101

(22)出願日 平成7年(1995)12月20日

(71)出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 大久保 寛之

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

(72)発明者 笠井 宜文

茨城県鹿嶋市大字光3番地 住友金属工業株式会社鹿島製鉄所内

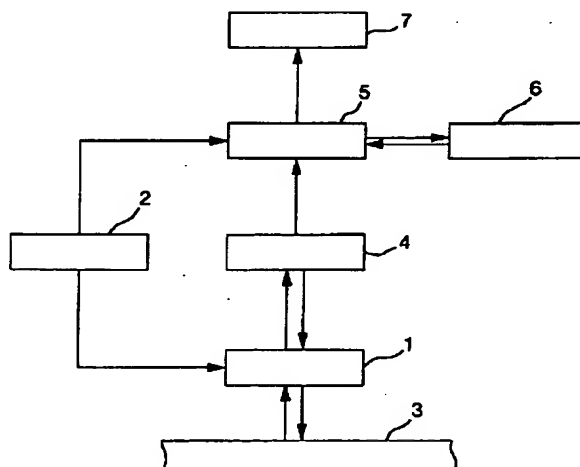
(74)代理人 弁理士 永井 義久

(54)【発明の名称】 超音波探傷による欠陥種類判別方法

(57)【要約】

【課題】欠陥の形状、存在位置および大きさのばらつきによる影響を排除し、精度良く、介在物と気泡との判別を行う。

【解決手段】超音波探傷により被検査材3の内部に存在する欠陥を検出し、この欠陥の種類を判別する方法において、探触子1によって検出される、欠陥エコー波形より得られるパラメーター（欠陥エコーの位相、周波数、強度）と、欠陥近傍の底面反射エコーBの波形より得られるパラメーター（底面エコー強度、欠陥面積）とに基づいて欠陥の種類を介在物と気泡とに判別する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】超音波探傷により被検査材内部に存在する欠陥を検出し、この欠陥の種類を判別する方法において、  
欠陥エコー波形より得られるパラメーターおよび欠陥近傍の底面エコー波形より得られるパラメーターを基に、欠陥の種類を判別することを特徴とする超音波探傷による欠陥種類判別方法。

【請求項2】前記欠陥エコー波形より得られるパラメーターとして、欠陥エコーの位相、周波数および強度を用い、前記欠陥近傍の底面エコー波形より得られるパラメーターとして、底面エコー強度および欠陥面積を用いる請求項1に記載の超音波探傷による欠陥種類判別方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、特に、欠陥エコー波形から得られるパラメーターおよび底面エコー波形から得られるパラメーターを基に、欠陥の種類を判別する超音波探傷による欠陥種類判別方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年においては、超音波探傷技術が進歩し、集束型探触子および高周波の超音波を用いることにより、非金属介在物のような微小欠陥の検出をも可能となっている。しかし、このような方法では、非金属介在物と気泡のような非金属介在物以外のものとを弁別して検出することができない。

【0003】音波の反射は、ある物質とこれと異なる物質との境界面において起こる。この時の音波の反射率は、入射側物質および反射側物質の音響インピーダンスによって決定され、入射側物質の音響インピーダンスを $Z_1$ 、反射側物質の音響インピーダンスを $Z_2$ とすると、その境界面での音圧反射率 $r$ は、次式で表される。

## 【0004】

## 【数1】

$$r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} \quad \dots \dots (1)$$

【0005】(1)式より、異なる物質の境界面では必ず音波が反射するため、欠陥の種類を判別することが困難であることがわかる。

【0006】このような問題点に対処するために、CAMP-ISIJ Vol.7 (1994)-1298に掲載の「超音波による鋼中非金属介在物の検出」(以下、先行例という)では、集束型探触子を用いた場合には、欠陥反射波形の位相変化(正・反転)により、非金属介在物と気孔との判別が可能であることが報告されている。通常の探触子を用いた場合の位相の変化は、(1)式において、 $Z_1 < Z_2$ つまり $r > 0$ の時に正位相、 $Z_1 > Z_2$ つまり $r < 0$ の時に反転位相となることが知られている。

【0007】しかるに、たとえば、被検査材を鋼、非金属介在物をアルミナ、非金属介在物以外の欠陥を気泡と

すると、各々の音響インピーダンスは、

鋼: 45 (10<sup>8</sup> kg/m<sup>2</sup> s)

アルミナ: 43 (10<sup>8</sup> kg/m<sup>2</sup> s)

気泡: 0.0004 (10<sup>8</sup> kg/m<sup>2</sup> s)

であり、アルミナおよび気泡のいずれにおいても(1)式より位相が反転し、両者の弁別は不可能である。そこで、前記報告によると、集束型探触子を用いた場合には、欠陥に入射する超音波の垂直以外の入射角を考慮して、固体結合表面における境界条件式を、基礎の振動方程式から求めた結果、超音波が鋼からアルミナに入射する際に、入射縦波の全反射領域で位相の連続的变化が起こることを見出し、これにより、アルミナからの反射波は、鋼-アルミナ境界面の入射角によっては、位相の反転が起こり、結果的には2度の位相反転により正位相となる。一方、気泡からの反射波は、常に反転位相であることから、アルミナと気泡との判別が可能となるとしている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記先行例には以下に示す問題点がある。

<問題点1>先行例では、基礎の振動方程式から固体結合における境界条件式を求めているが、この固体結合境界面は無限であるため、この境界条件式を、鋼と、この鋼内部に存在する欠陥に適用した場合には、鋼-欠陥境界面が無限になることになる。このため、集束型探触子から入射された超音波は、欠陥表面に対して、常に垂直以外の入射角を有することから、反射波の位相の正・反転により、非金属介在物と気泡とを判別することは可能である。ところが、実際には、鋼に存在する非金属介在物は微小であるため、必然的に境界面は有限かつ微小であり、入射された超音波は、欠陥表面に対して、常に垂直以外の入射角を有するとは限らない。

【0009】したがって、このような場合には、位相の正・反転により欠陥を判別することは実質的に困難である。

【0010】<問題点2>また、先行例では、固体結合境界面の形状について検討されていないという問題点がある。一般に、被検査材内に存在する欠陥は、平面ではなく様々な形状を有し、さらに、大きさも一定ではない。このような欠陥形状の種類によっても位相情報が変化するため、位相情報のみでの欠陥種類の判別は困難である。

【0011】そこで、本発明の主たる課題は、欠陥の形状、存在位置および大きさのばらつきによる影響を排除し、精度良く、介在物と気泡との判別ができる超音波探傷による欠陥種類判別方法を提供することにある。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を達成した、本発明のうちで請求項1に記載の超音波探傷による欠陥種類判別方法は、超音波探傷により被検査材内部に存在す

る欠陥を検出し、この欠陥の種類を判別する方法において、欠陥エコー波形より得られるパラメーターおよび欠陥近傍の底面エコー波形より得られるパラメーターを基に、欠陥の種類を判別することを特徴とするものである。

【0013】前述したように、欠陥エコー波形から得られる位相情報のみでは、欠陥の大きさおよび形状のばらつきに対応することは困難であり、両者を高精度に判別することは不可能である。一方、欠陥エコー波形より得られる他のパラメーターとして、欠陥エコー強度に着目すると、(1)式に示されるように、 $Z_1 \gg Z_2$  もしくは  $Z_1 \ll Z_2$  の時には、音圧反射率  $r$  は大きくなる。そこで、例えば、鋼からアルミナへ超音波が入射する際の音圧反射率を  $r_1$  とし、鋼から気泡へ超音波が入射する際の音圧反射率を  $r_2$  とすると、前記した各物質の音響インピーダンスから、 $r_1 = 0.02$ 、 $r_2 = 1$  となるため、反射音波を全て検出できるとすれば、アルミナと気泡との判別が可能となる。ところが、反射した超音波の音圧は、(2)式で示される。

【0014】

【数2】

$$P_r = \frac{S}{\lambda x} P_0 e^{-2\alpha x} \dots\dots (2)$$

【0015】ここで、 $P_r$  : 反射音圧、 $S$  : 欠陥面積、 $P_0$  : 入射音圧

$x$  : 伝播距離、 $\alpha$  : 減衰定数

(2)式より、反射音圧  $P_r$  は、欠陥面積  $S$  および伝播距離  $x$  により変化するために、ランダムな形状・位置・大きさを有する欠陥の種類を判別することは不可能である。

【0016】したがって、欠陥エコー波形から得られるパラメーターだけで、欠陥種類の判別を行う場合には、欠陥の形状、存在位置および大きさのばらつきに対応できないという短所がある。

【0017】他方、欠陥エコー以外に超音波探傷により検出されるものとしては、表面エコーと底面エコーとがある。超音波を集束した場合において、表面エコーの波形から得られるパラメーターは、被検査材内に存在する欠陥の有無に関わらず一定であるが、底面エコーから得られるパラメーターは、例えば、底面エコー強度は、欠陥の有無により変化する。この変化は、正常部位では底面まで到達する超音波の略一部が、欠陥存在部位では該

欠陥表面で反射することにより、底面に到達する超音波の強度が減少するために起こる。これを、例えば、鋼内に存在するアルミナおよび気泡の判別に適用するとすれば、前述したように、鋼→気泡では音圧反射率が1であるから、底面エコー強度はほぼ0となる。これに対して、鋼→アルミナの音圧反射率は0.02なので、底面エコー強度は、正常部位と比較して2%程度減少する。したがって、底面エコー強度の変化により、非金属介在物と気泡との判別が可能である。加えて、欠陥部位での超音波の透過強度変化が欠陥の形状および存在位置のばらつきによる影響を受けず、欠陥の面積にのみ支配される。しかし、このような底面エコー強度を用いた判別においても、音波面に対して欠陥が非常に小さい場合には底面エコー強度に有意差が生じない、被検査材底面の表面性状に影響される等の短所が存在する。

【0018】そこで、例えば、欠陥エコー強度と底面エコー強度とを組み合わせることを基に判別を行うとすれば、欠陥の位置および形状のばらつきによる影響は、欠陥エコー強度のみを基に判別を行う場合には問題となるが、底面エコー強度のみを基に判別を行う場合には問題とならないため、結果的に判別が可能となる。すなわち、両者を組み合わせる判別することにより、一方の短所を他方が補うことができる。このようにして、欠陥の種類に対して理論的に特徴が現れる、欠陥エコー波形から得られるパラメーターと底面エコー波形から得られるパラメーターとを組み合わせ、これを基に欠陥種類の判別を行うことにより、判別確率が高くなるのである。

【0019】また、前記欠陥エコー波形より得られるパラメーターとして、欠陥エコーの位相、周波数、および強度、のうち、少なくとも1つ以上用いるのが好ましい。

【0020】さらに、前記欠陥近傍の底面エコー波形より得られるパラメーターとして、底面エコー強度および欠陥面積のうち、少なくとも1つ以上用いるのが好ましい。

【0021】前記欠陥エコー波形より得られるパラメーター（位相、周波数、および強度）と、前記欠陥近傍の底面エコー波形より得られるパラメーター（強度および欠陥面積）とは、欠陥の種類に対して、表1に示すような特徴を有する。

【0022】

【表1】

欠陥種類		判別要素	欠陥反射エコー			底面エコー
		周波数	強 度	位 相	強 度	
介在物	塊 状	低	低	正	高	
	球 状	低	低	反 転	高	
気 泡		高	高	反 転	低	

【0023】本発明に係る、超音波探傷による欠陥種類

判別方法は、表1より、塊状介在物、球状介在物および

気泡の判別を行うのに好適である。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明に係る、超音波探傷による欠陥種類判別方法について、以下に詳説する。

【0025】まず、本発明に係る欠陥種類判別方法を行う際の、装置構成について図1に示されるブロック図を用いて説明する。この装置では垂直探傷法を例示しているが他の超音波探傷法でも欠陥エコー波形と欠陥透過エコーまたは底面エコーの波形が得られる方法であれば問題はない。また、探触子としては、図示しない集束型探触子を用いる。この探触子1より送信される超音波 $t$ は、図2に示されるように垂直に被検査材3に入射される。被検査材表面、内部および底面で反射した超音波は、探触子1により受信される。この受信される超音波は、欠陥の存在しない正常部位では、底面エコーBおよび図示しない表面エコーとであるが、欠陥部位では、欠陥反射エコーF、底面エコーBおよび図示しない表面エコーである。

【0026】探触子1により受信された信号は、該探触

子1で電気信号に変換され、受信器4に入力される。この受信機4で入力信号が定量化され、信号処理部5に入力される。信号処理部5は、以下に示す動作を行う。

- ・しきい値を基に欠陥を判断
- ・底面エコーを基に欠陥面積の計算
- ・欠陥エコー波形および底面エコー波形から各パラメーターを解析

このようにして得られた各パラメーター（欠陥エコーの位相、欠陥エコーの周波数、欠陥エコー強度、底面エコー強度、欠陥面積）は、予め表2に示されるような気泡および介在物の特徴量を用いて学習させたニューラルネットワーク6に入力され、欠陥種類の判別結果を得る。このような超音波探傷および欠陥種類判別の動作は、制御装置8により制御する。7で図示される記憶装置は、測定および計算結果を一時的に記憶するために用いるものである。

【0027】

【表2】

	欠陥反射エコー			底面エコー	
	位 相	強 度	中心周波数	強度比	欠陥面積
球状介在物	負	29%	26.048MHz	0.833	130 $\mu$ m径
気 泡	負	48%	30.233MHz	0.571	100 $\mu$ m径

【0028】次に、上記装置を用いての欠陥種類判別方法について、順を追って説明すると、

#### ①. 正常部位での底面エコー強度の測定

予め、被検査材において欠陥が存在しない正常部位での底面エコー強度を測定し、記憶装置7に記録する。この正常部位での底面エコー強度は、後に被検査材を超音波探傷して得られる底面エコー強度の定量化に用いる。

#### ②. 欠陥のサイズおよび存在する位置座標の測定

次に、被検査材全面にわたって超音波探傷を行う。この超音波探傷は、欠陥2の存在する位置座標と欠陥の面積とを測定することを目的に行うものである。探触子1の走査によって検出された底面エコー強度は、信号処理部5において、予め測定された正常部位の底面エコー強度を基に設定されたしきい値と、常時比較されている。底面エコー強度が低下して、このしきい値を越えた時には、欠陥と判断され、この時の位置座標と底面エコー強度とが記録される。このようにして、被検査材全面を超音波探傷した結果を基に、図3に示されるように、被検査材3における欠陥位置座標および欠陥面積を示す平面画像を得る。この平面画像を基に、欠陥面積を計算する。

#### ③. 欠陥位置座標での超音波探傷

前記欠陥の位置座標を基にして、欠陥部位のみ、再度超音波探傷を行う。この超音波探傷により得られた、欠陥エコーの位相、周波数および強度、および底面エコー強

度を求める。

④. 得られた各パラメーターを基に欠陥の判別を行う。  
このようにして得られた各パラメーター（欠陥エコーの位相、欠陥エコーの周波数、欠陥エコー強度、底面エコー強度および欠陥面積）と正常部位での底面エコー強度とを、予め判別の対象となる気泡と介在物との特徴量を用いて学習させたニューラルネットワークに入力し、判別結果を得る。

【0029】＜実施例＞本発明に係る、超音波探傷による欠陥種類判別方法により、被検査材の超音波探傷を行った時に得られる反射エコーの波形例を図4～6に示す。図4に示される反射エコーの波形は、正常部位であり表面エコーSおよび底面エコーBのみが現れている。これに対して、図5に示される介在物存在部位および図6に示される気泡存在部位の反射エコーの波形では、表面反射エコーSと底面反射エコーBに加えて、欠陥反射エコーFが現れている。ここで、図5と図6とを欠陥反射エコー周波数、欠陥反射エコー位相、欠陥反射エコー強度および底面反射エコー強度の点で比較すれば、表1に示される欠陥種類と判別要素との関係、と同様な相違点が現れていることが判る。

【0030】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、欠陥の形状、存在位置および大きさのばらつきによる影響を排除し、精度良く、介在物と気泡との判

別ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る、超音波探傷による欠陥種類判別装置のブロック図である。

【図2】その要部拡大図である。

【図3】被検査材の平面画像例を示す概略図である。

【図4】正常部位における反射エコーの波形である。

【図5】介在物存在部位における反射エコーの波形である。

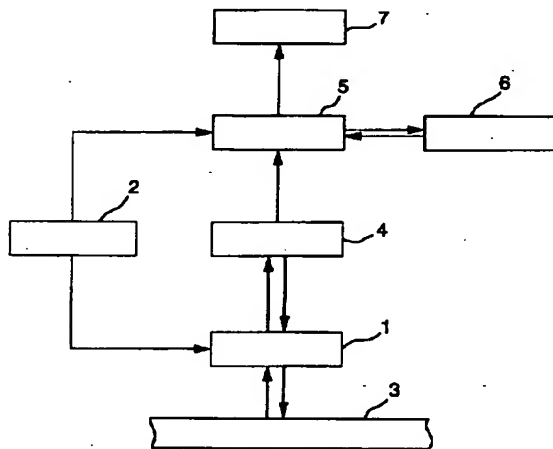
る。

【図6】気泡存在部位における反射エコーの波形である。

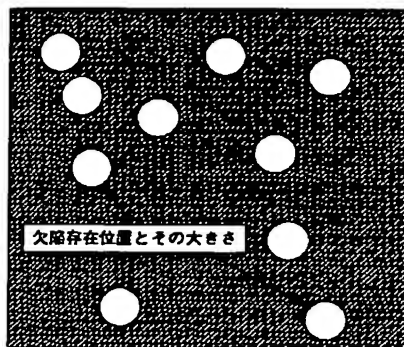
【符号の説明】

1…探触子、2…欠陥、3…被検査材、4…受信機、5…信号処理部、6…ニューラルネットワーク、7…記憶装置、8…制御装置

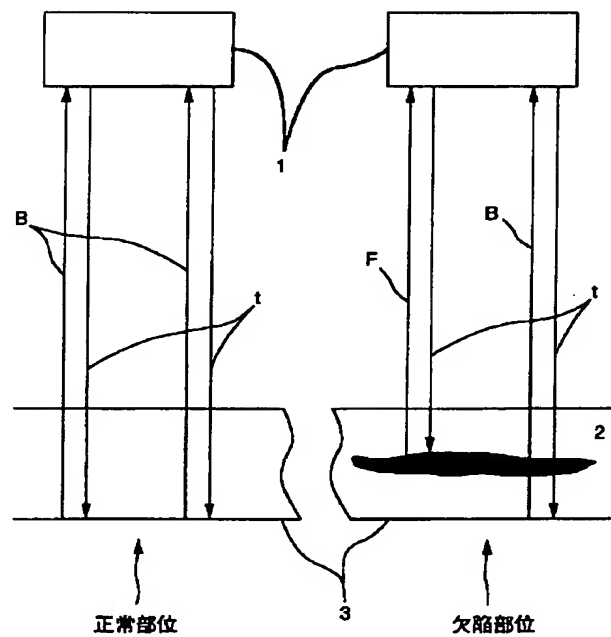
【図1】



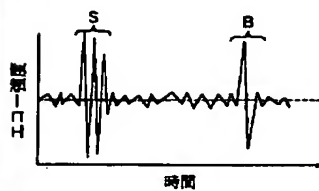
【図3】



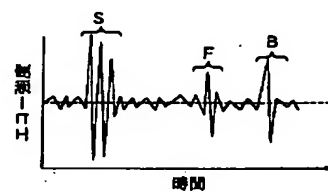
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

